ંદુબાઇ સ્મારક ગ્રન્થમાળા, નં. ૧૨

પદાર્થજ્ઞાન.

યોજક,

ા. ચમનરાય શિવશંકર વૈષ્ણવ.

ુરાત વર્નાક્યુલર સોસાઇટી તરફથી

છપાવી પ્રસિદ્ધ કરનાર

ાલાલ ત્રીભોવનદાસ પારેખ, બી. એ.

આસિ. સેક્રેટરી—અમદાવાદ.

સંવત ૧૯૬૭. સને ૧૯૧૦.

—x—

કીમત એક આનો.

અમદાવાદ
યુનિયન પ્રીન્ટીંગ પ્રેસ કંપની લીમીટેડમાં
મોતીલાલ સામળદાસે છાપ્યું

પદાર્થ જ્ઞાન.



૧.

પદાર્થ જ્ઞાનના પ્રયોગોથી પદાર્થના સ્વભાવમાં ફેરફાર થતો નથી, પરંતુ રસાયનશાસ્ત્રના પ્રયોગોથી એક પદાર્થમાંથી બીજો પદાર્થ બની શકે છે.

૧—પદાર્થની ત્રણ સ્થિતિ.

ગરમી.

પદાર્થો ત્રણ પ્રકારની સ્થિતિમાં રહી શકે છેઃ પાર્થિવ (solid), પ્રવાહી (liquid), અને વાયવી (gaseous). પથ્થર પાર્થિવ પદાર્થ છે, પાણી પ્રવાહી પદાર્થ છે, અને હવા વાયવી પદાર્થ છે. ઘણા પદાર્થો આ ત્રણે સ્થિતિઓમાં આવી શકે

૧. સ્ત્રીજાતિ વિષે વિવેચન.
૨. ગૃહવ્યવસ્થા અને આરોગ્યવિદ્યા. (ત્રીજી આવૃત્તિ.)
૩. મા અને દીકરી.
૪. ઘરમાં વપરાતી ચીજોનું રસાયણ. (બીજી આવૃત્તિ.)
૫. અબળા સંજીવન.
૬. છોકરાંઓની આરોગ્યતા.
૭. સ્ત્રીગીત સંગ્રહ.
૮. સ્ત્રીબોધક સતીચરિત્રો અને તે ઉપરથી સ્ત્રીઓએ લેવાનો બોધ.
૯. સંસારમાં સ્ત્રીની પદવી.
૧૦. મિસ ફ્લૉરેન્સ નાઈટીંગેલનું જીવનચરિત્ર.
૧૧. સ્ત્રીઓની પરાધીનતા.
૧૨. પદાર્થ જ્ઞાન.

ગુજરાત વર્નાક્યુલર સોસાઈટીની ઑફિસ,
અમદાવાદ—તા૦ ૧૬ ડીસેંબર ૧૯૧૦.

સૌ. કંકુબાઈ સ્મારક ગ્રન્થમાળાનો ઉપોદ્‌ઘાત.

કચ્છના દીવાન પરલોકવાસી રા. બ. મોતીલાલ લાલભાઇનાં પત્ની, સૌ. કંકુબાઇ ઓગણત્રીશ વર્ષની જુવાન વયે સ્વર્ગવાસી થયાં તેમના શુભ ગુણના સંભારણામાં મિત્રવર્ગ તરફથી રૂ. ૫૦૦૦ ની રકમ એકઠી કરી તેને "સૌ. કંકુબાઈ સ્મારક ફંડ" એવું નામ આપી, તે સને ૧૮૮૯ માં સોસાઈટીના ટ્રસ્ટમાં અમુક શરતોએ સોંપવામાં આવ્યું છે. તે શરતો અન્વયે તે ફંડના વ્યાજમાંથી અમદાવાદની રા. બ. મગનભાઈ કરમચંદ કન્યાશાળામાં માસિક રૂ. પાંચની એક સ્કૉલરશીપ તથા તે જ કન્યાશાળામાં વાર્ષિક રૂ. ૨૫) નાં પુસ્તકોનું ઇનામ આપતાં જે રકમ વધે તેમાંથી સ્ત્રી જાતિની કેળવણી પ્રસાર પામે અને સ્ત્રીઓની નીતિ તથા બુદ્ધિની તેમ જ સાંસારિક સુખસંપત્તિની વૃદ્ધિ થાય એવાં ઉપયોગી પુસ્તકો ભાષાંતર, સારોદ્ધારરૂપ ઇનામ આપી નવીન રચાવવામાં આવે છે. તે પ્રમાણે આજ સુધીમાં નીચે પ્રમાણે પુસ્તકો રચાવી "સૌ. કંકુબાઇ સ્મારક ગ્રન્થમાળા" ના નામથી સોસાઈટીએ છપાવી પ્રસિદ્ધ કર્યાં છે:—

એવા હોય છે, જેમકે પાર્થિવ બરફમાંથી પ્રવાહી પાણી બને છે, અને તેમાંથી વરાળ રૂપ વાયુ પણ થાય છે. વળી પાર્થિવ ધાતુ જસત્ છે તેને અગ્નિ ઉપર ગરમ કરવાથી તે ઓગળીને પ્રવાહી થાય છે અને તેને પણ વધારે ગરમ કરવાથી વાયુરૂપ વરાળ બને છે.

જમીન ઉપર પડેલ વરસાદનું ટીપું (પાણી) સુકાઈ જાય છે તેને શોષણ કે બાફ (evaporation) કહે છે. ઊકળતા પાણીમાં ઉભરો આવવાથી તેમાંથી બાફ નીકળે છે, તેથી બહુ જોસથી બાફનું થવું તેને ઉભરો (ebulition) કહે છે. વરાળને ઘાટી કરવાથી જે પાણી બનેછે તેને સત્ત્વજલ (distilled water) કહે છે.

પદાર્થ જે જગો રોકતો હોય તેથી થોડી જગો રોકે એવો કરવો તેને સંકોચન (compression) કહેછે, અને હોય તેનાથી વધારે જગો રોકે એવો થાય તેને પ્રસારણ (expansion) કહે છે. હવા

બહુ સ્હેલાઇથી સંકોચાઈ તથા પ્રસરી શકેછે, અને પ્રવાહી તથા પાર્થિવ પદાર્થો સાધારણ સાધનોથી સંકોચાઈ શકતા નથી. પાણી કે લોઢાને કોઈ બહુ મજબૂત સંચો પણ સંકોચી કે પ્રસારી શકતો નથી, પણ તેઓને ગરમી (heat) અને ઠંડી (cold) સ્હેલાઈથી સંકોચી કે પ્રસારી શકે છે. પાર્થિવ, પ્રવાહી, કે વાયવી, કોઈ પણ પદાર્થને ગરમ કરવામાં આવે છે તો તે પ્રસરે છે અને તેને ઠંડો કરવાથી તે સંકોચાય છે. વાયુમાંથી પ્રવાહી રૂપ થાયછે ત્યારે તે વધારે થોડી જગો રોકે છે, અને પ્રવાહીમાંથી પાર્થિવ રૂપ થાય છે ત્યારે તે એથી પણ થોડી જગો રોકે છે. તોપણ એ રીતે પાણીનું થતું નથી. પાણીમાંથી બરફ બને છે ત્યારે તેનું કદ વધે છે. શિયાળામાં પાણી ઠરે છે તેથી તેનું કદ વધે છે, માટે જ નળો તથા ટાંકીઓ તે વખતે ફાટે છે.

કોઈ પણ પદાર્થમાં કેટલી ગરમી કે ઠંડી છે તેનું માપ ઉષ્ણતામાપકયંત્ર (thermometer) થી નીકળી શકે છે. શરદીથી સંકોચાવાનો તથા ગર-

માંથી પ્રસારણુ પામવાનો ગુણુ પ્રવાહી પદાર્થોમાં હોય છે, તેના ઉપર આ યંત્રના ઉપયોગનો આધાર છે. બરફ ઓગળવા માંડે છે ત્યારે શતાંશ યંત્ર (centigrade thermometer) માં O અંશ હોય છે, અને ફેરન્હીટ યંત્ર (Fahrenheit thermometer) માં ૩૨ અંશ હોય છે. શતાંશ યંત્રમાં ઊકળતા પાણીના અંશ ૧૦૦ હોય છે અને ફેરન્હીટમાં ૨૧૨ અંશ હોય છે.

કેટલાક પદાર્થોમાંથી ગરમી બીજા પદાર્થો કરતાં ત્હેલાઇથી જતી રૂહે છે, અને કેટલાકમાંથી તે મોડી જાય છે. લોઢું વગેરે ધાતુઓ જેવા પદાર્થમાં ગરમી વધારેવાર ટકે છે, તેથી એવા પદાર્થો ગરમીના વાહક (conductor) કહેવાય છે, અને હવા લાકડું, કોયલા, વગેરે જલદી ટાઢા પડી શકે એવા પદાર્થો ગરમીના અવાહક (non-conductor) કહેવાય છે. બહુ મજબૂતીથી બંધ કરેલા વાસણમાં પાણીને ઉકાળવામાં આવે તો તેમાં ગરમીનું પ્રમાણ અત્યંત વધી જાય છે, અને અત્યંત દબાણના જોર-

થી વરાળ નીકળી જાય છે. આનો ઉપયોગ વરાળ-યંત્રમાં કરવામાં આવેલો હોય છે. પાણીમાં ગરમી ઘણી સમાઈ શકે છે, અને એક અંશ ધાતુના વજનને વધારવાને જોઈયે તેના કરતાં એટલા જ વજનના પાણીનું વજન એક અંશ વધારવાને ઘણી વધારે ગરમીની જરૂર પડે છે. સરખા વજનના પારાથી ૩૦ ગણી, સરખા વજનના લોઢાથી ૯ ગણી, ત્રાંબાથી ૧૦ ગણી, રૂપાથી ૧૮ ગણી, સીસાથી ૨૫ ગણી ગરમી પાણીને જરૂરની છે.

૨—તેજ, રંગ.

તેજ સીધી લીટીમાં ગતિ કરે છે, અને તે એક સેકંડમાં ૧૮૬૦૦૦ માઇલ ચાલે છે. અરીસા ઉપર તેજનું કિરણ પડે છે ત્યારે તેનું પ્રતિબિંબ (reflection) પડે છે. કિરણ પડ્યા પ્હેલાં તથા પછી તે કિરણના જે બે ભાગો તે અરીસા સાથે ખૂણા પાડે છે, તે ખૂણાઓ સમાન હોય છે તો પણ તેઓ સ્હામસ્હામી બાજુએ પડેલા હોય છે; એથી

કરીને તે કિરણ પાછું ફેંકાય છે તે નિયમને પ્રતિબિંબ (reflection) કહેછે.

જ્યારે કોઈ પદાર્થ પાણીમાં અર્ધો ડૂબેલો હોય છે ત્યારે તે અરધો ભાંગેલા જેવો દેખાય છે. જુદી જુદી જાડાઈના એક પદાર્થમાંથી બીજા પદાર્થમાંથી પસાર થતાં તેજ વક્રીભવન (refraction) થાય છે, એટલે કે તે આડે માર્ગે જાય છે, તેથી જ તે એમ ભાંગેલ જેવો દેખાય છે. આને વક્રીભવન (refraction) કહે છે. પાતળા પદાર્થમાંથી વધારે જાડા પદાર્થ ઉપર તિર્કસ રીતે પસાર થતું તેજનું કિરણ સપાટી આગળથી અંદર વળેલું હોય છે, અને જાડા પદાર્થમાથી પાતળા પદાર્થે ઉપર પસાર થતું કિરણ બહાર વળેલું હોયછે.

જેની એક અથવા બંને બાજુઓ આંતગોલ (concave) કે બાહ્યગોલ (convex) હોય, એવો કાચનો ગોળ કડકો (lens) છે. જે કાચ મધ્યમાંથી બહુ જાડો હોય તે કાચ બાહ્યગોલ હોય છે, તે વસ્તુને મ્હોટી દેખાડે છે તેથી તે સૂક્ષ્મદર્શક

(magnifying) કાચ કહેવાય છે. જે કાચો મધ્યમાંથી બહુજ પાતળા હોયછે તેઓ આંતર્ગોલ કહેવાય છે. તેઓ વસ્તુને વધારે ન્હાની દેખાડે છે.

નજીક પડેલી ઘણીજ બારીક વસ્તુને બહુ મ્હોટી દેખાડે એવી રીતે ગોઠવેલા ઘણા કાચવાળાં સૂક્ષ્મ-દર્શક યંત્રો (microscopes) થાય છે. બહુ દૂર પડેલી વસ્તુને પાસે અને મોટી દેખાડે એવી રીતે ગોઠવેલા કેટલાક કાચોવાળી નળીઓને દૂરદર્શક યંત્ર (telescope) કહે છે. ટૂંકી નજરવાળા માણસને માટે આંતર્ગોલ કાચનાં અને લાંબી નજરવાળા માણસો માટે બાહ્ય ગોલ કાચનાં બનાવેલાં ચશ્માંઓ (spectacles) થાય છે.

બાહ્ય ગોળ કાચમાંથી પસાર થનારાં તડકાનાં કિરણો એક જ બિંદુએ ભેળાં થાય છે, એ બિંદુને કેંદ્ર (focus) કહે છે. આ બિંદુ કાચથી જેટલું દૂર હોય તેને કાચની કેંદ્ર લંબાઈ (focal length) કહે છે. કોઈ પણ ચોક્કસ કાચની આ કેંદ્ર લંબાઈ

હંમેશાં એક સરખી જ હોયછે, તોપણ જુદા જુદા કાચની કેંદ્ર લંબાઇઓ જુદી જુદી હોય છે. જેમ કેંદ્ર લંબાઈ વધારે ટૂંકી હોય તેમ કાચ વધારે મજ બૂત હોયછે. હમેશાં મધ્યમાંથી નીકળતાં કિરણોની ગરમી તેજની પાછળ આવે છે, અને એ કિરણોની કાચ ઉપર એકઠાં થઇને તેજોમય કેંદ્રમાં મળેછે.

જેની સપાટીઓ સરખી સપાટ હોય પણ સ્હામ સ્હામી સમાંતર ન હોય એવા એક કાચના કટકાની આરપાર જ્યારે તેજનું કિરણ જાય છે ત્યારે તે કિરણ બહાર ફેલાઈ જાય છે અને તે રંગોનો જથ્થો ઉત્પન્ન કરે છે. એ રંગોમાં મેઘ ધનુષ્યના સાત રંગો દેખાયછે. સૂર્યનું તેજ પૃથક્કરણ પામવાથી આ રંગોનો જથ્થો બનેછે તેને સૂર્યની છાયા (solar spectrum) કહેછે. મેઘ ધનુષ્યના નીચેના ભાગેથી શરૂ થઈને એ છાયામાં જે સાત રંગો દેખાય છે તે ક્રમસર—નીલલોહીત (violet), ગળી (indigo), વાદળી (blue), લીલો (green), પીળો (yellow), નારંગી (orange,), અને

રાતો (red),—એ રીતે હોયછે. આ સાતે રંગો ભેળા મળે છે તો ધોળો (white) રંગ બને છે.

જે કાચના કડકામાં સૂર્યની છાયા પડેછે ને કડકાને પાસો (prism) કે હીરા કાચ કહેછે. એ પાસામાંથી પસાર થતાં કિરણો જાદામાં જાદા માં જાદા ભાગ તરફ વળેછે, તેમાં નીલલોહીત રંગ અદુજ વળેલો હોયછે. ધોળા તેજના કઈંક ભાગનું રંગિત પદાર્થો શોષણ કરેછે, અને તેને પાછા મૂકી દેછે, અથવા તો પારદર્શક હોય તો બીજા રંગો ઉપર તેને જવા દે છે. આ પ્રમાણે વાદળી રંગની વસ્તુ સાતે રંગોમાંના છ રંગોનું શોષણ કરે છે, અને માત્ર એક વાદળી રંગજ મૂકી દેછે.

૩—અવાજ.

એ પદાર્થોના પરસ્પર અથડાવાથી કે ઘસાવાથી હમેશાં અવાજ પેદા થાયછે. એ પદાર્થોના અથડાવાથી તેમાં આંદોલનો (vibrations) ઉત્પન્ન થાય છે. એ આંદોલન હવામાં મળી જઇને કાનમાં

પેસેછે. હવાની ગરમી શરદીના પ્રમાણમાં વધારે ઘટાડે, પણ અવાજ એક સેકંડમાં આશરે ૧૧૦૦ ફીટની ગતિ હવામાં કરી શકેછે. હવા કરતાં પાર્થિવ અને પ્રવાહી પદાર્થો શબ્દના આંદોલનને વધારે ગ્રહણ કરી લે છે.

તેજનું પ્રતિબિંબ જેમ અરીસામાં પડેછે તેમ અવાજનું પ્રતિબિંબ પાર્થિવ અને પ્રવાહી પદાર્થોની સપાટીઓ ઉપર પડે છે. અવાજના આ પ્રતિબિંબને પડઘો (echo) કહે છે.

સુર નીચો કે ગંભીર (low કે grave) અને ઊંચો (high) કે તીક્ષ્ણ (shrill) હોયછે. આ ઊંચાઈ નીચાઈના પ્રમાણમાં સુરનો જે ગુણ હોયછે તેને સુર મેળવવો (pitch) કહેછે. દર સેકંડે જેમ આંદોલન વધારે હોય તેમ એ સુર વધારે ઊંચો થાયછે. વેગનો આધાર સુર ઉપર નથી તેથી નીચા તથા ઊંચા, એ બંને સુરોમાં વેગ તો એક સરખોજ રહે છે. દર સેકંડે થતા આંદોલનની

સંખ્યાથી જ્યારે સુર ઉત્પન્ન થાય છે ત્યારે તે સુર બીજા સુર કરતાં આઠ ગણો (octave) ઊંચો હોય છે, એટલે કે બીજા સુર કરતાં તેની સંખ્યા બમણી હોય છે. ગાયનના કાંટા (scale) ને મળતાં આંદોલનોની વચ્ચે ખરેખરી એકતારતાનાં પ્રમાણોની સાથે એ સુરો સંબંધ રાખેછે.

વાદ્યયંત્રો બે જાતનાં હોયછે; તંતુ વાદ્ય અને વાયુ વાદ્ય. તંતુ-દોરી જેમ વધારે લાંબી તેમ રાગ નીચો થાયછે, અને દોરી જેમ વધારે ટૂંકી હોય છે તેમ સુર વધારે ઊંચો થાયછે. વાદ્યયંત્રની નળી જેમ વધારે લાંબી તેમ સુર નીચો, અને એ નળી જેમ વધારે ટૂંકી તેમ સુર વધારે ઊંચો થાયછે. પ્રતિધ્વનિ કરનારી પેટીઓ અને નાદ કરનારાં પાટિયાંઓની મદદથી નાદ મજબૂત થાય છે. દંતવાદ્ય (the standard tuning fork) લા સુરને એક સેકંડમાં ૮૦૬ આંદોલનો આપે છે.

૪-વીજળી.

લાખની તથા કાચની સપાટી ઉપર ઘર્ષણ

(friction) થવાથી એક જગતની શક્તિ પેદા થાય છે તેને વીજળી (electricity) કહેછે. લાખમાંથી પેદા થયેલી વીજળીને અસત્ (negative) વીજળી કહેછે, અને કાચમાંથી પેદા થયેલી વીજળીને સત્ (positive) વીજળી કહે છે. સત્ વીજળીવાળા પદાર્થો બીજા એવા જ સત્ વીજળીવાળા પદાર્થોનો, અને અસત્ વીજળીવાળા પદાર્થો અસત્ વીજળીવાળા પદાર્થોનો અટકાવ (repel) કરેછે; પરંતુ સત્ વીજળીવાળા પદાર્થો અસત્ વીજળીવાળા પદાર્થોનું આકર્ષણ (attract) કરેછે; એ ઉપરથી નીચેના બે નિયમો બનેલાછે:—

(૧) જે પદાર્થમાં જે વીજળી હોય તે પદાર્થ એજ જાતની વીજળીવાળા બીજા પદાર્થનું પ્રાતસારણ (repulsion) કરેછે.

(૨) જે પદાર્થમાં જે વીજળી હોય તે પદાર્થ, બીજી જાતની વીજળીવાળા બીજા પદાર્થનું આકર્ષણ (attraction) કરેછે.

બળવાન અને લાંબા કાળના ઘર્ષણુવાળા (resin)ની મ્હોટી રિકાબી પાસે આંગળી રાખવામાં આવે તો સૂકા કડાકા કરતા અવાજ સાથે ઝીણા તણખાઓ નીકળતા લાગેછે. આ ઘણા અલ્પ સ્વરૂપમાં ગર્જનાનું તોફાન છે. તણખો તે વીજળી છે અને કડાકા કરતો અવાજ તે ગર્જના છે.

લાખ કે કાચને બદલે જો એક લોઢાના સળિયાને ઘસવામાં આવે તો તે ઘર્ષણથી ઉત્પન્ન થતી વીજળી એ સળિયા ઉપર પથરાઇ જાયછે, ઘસનારના શરીરમાં જાય છે, અને પૃથ્વીમાં અદૃશ્ય થઈ જાયછે. લાખ કે કાચથી એમ થતું નથી, પણ એમાં તો જ્યાં ઘર્ષણથી તે પેદા થાય છે ત્યાંજ તે વળગી રૂહેછે. આ ઉપરથી એમ કહેવાય છે કે, લોહું માણસનું શરીર, પૃથ્વી, અને પાણી, વીજળીનું સારૂં વહન કરનારા (good conductors) પદાર્થો છે; અને લાખ, કાચ, તથા રેશમ દુર્વાહક (bad conductors) પદાર્થો છે. વીજળીના કોઈ પણ રૂપને લોઢાના શળિયામાં પેદા કરવું હોય તો તે

સળિયાને રેશમના કેટલાક આંટાઓ દેવા જોઇયે. એમ કરવાથી તેમાંથી વીજળી જતી રહી શકતી નથી. આ ક્રિયાને બંધન ક્રિયા (insulation) કહેછે, અને જે દુર્વાહક પદાર્થથી વીજળીને આમ બંધ કરવામાં આવી હોય તે રેશમ વગેરે પદાર્થને બંધ કરનાર (insulator) કહેવામાં આવેછે. ઘર્ષણ, અફળાટ, અથવા પરમાણુ જન્ય બળ (induction) પદાર્થોમાં વીજળી પેદા થઇ શકેછે.

કોઇ પણ અણીવાળી વસ્તુને છેડે વીજળી સમકેંદ્રિત (concentrated) થાયછે, તેથી કરીને અણીવાળો પદાર્થ જો વીજળીનો સારો વાહક હોય તો તે પોતામાંની વીજળીને અણીએથી બહાર કાઢે છે. આ છેડાની શક્તિઓ વારંવાર ઉંચાં ઝાડો, મિનારા, વગેરે ઉપર કુદરતી વીજળી (lightning) ને પાડે છે, તે છેડાઓને વીજળીનાં વાહક બાંધકામોમાં કામે લગાડવામાં આવે છે. વીજળી વાહક એક અણીવાળો લાંબો સળિયો હોયછે, તેને એક જાડી લોઢાની સાંકળ બાંધીને તે સાંકળને કૂવામાં ઉતારેલી

હોયછે. જ્યારે અસત્ વીજળીથી ઉત્પન્ન થયેલ વાદળાંનું તોફાન પૃથ્વીની નજીક આવેછે, ત્યારે તે પોતાના અસત્ બળ જેટલાજ બળવાળી સત્ વીજળીને આકર્ષણ કરેછે. આ ઉપરથી નીચેના બેમાંનો એક દેખાવ ઉત્પન્ન થાય છેઃ—

(૧) જો વાદળું બહુ નજીક ન હોય, અથવા તો તેના ઉપર વીજળીની બહુ ભારે અસર ન થઇ હોય તો પૃથ્વીમાં રહેલી વીજળી કુદરતી વીજળીના વાહકના છેડા તરફ ધીરે ધીરે વહન કરે છે, અને ત્યાંથી તે વાદળાંમાં જઇને મળેછે.

(૨) પણ જો વાદળા ઉપર વીજળીનું ભારે બળ પડ્યું હોય, તો વાહક તથા વાદળાની વચ્ચે એક તણખો ખરશે, અને છૂટી પડેલી વીજળી લોઢાની સાંકળ મારફત તે કૂવામાં જતી રહેશે.

ભોગ જોગે કુદરતી વીજળીના વધારે વધારે તણખાઓ એક વાદળામાંથી બીજામાં પસાર થાય છે, પણ વાદળું તથા પૃથ્વીની વચ્ચેથી પસાર થતી નથી.

કૃત્રિમ વીજળી બે પ્રકારનાં યંત્રોથી ઉત્પન્ન કરી. શકાય છેઃ-વિધુત યંત્રથી અથવા તેા મિનારાઓથી તે ઉત્પન્ન થાય છે. યંત્રોમાંથી વીજળી ઘર્ષણથી પેદ થાયછે. રસાયણી રચના (chemical composition) કે પૃથક્કરણ (decomposition)થી,-અથવા તેા બીજા શબ્દોમાં બોલિયે તો બગાવાન્ કે થેાડા બળવાળી રસાયણી પ્રતિક્રિયા (reaction) થાય છે; ત્યારે-વીજળી ઉત્પન્ન થાયછે; આ નિયમને આધારે વીજળી ઉત્પન્ન કરનારા મિનારા (battery) બાંધવામાં આવે છે. આવા મિનારાથી સત્ અસત્ બંને જાતની વીજળી પેદા થાયછે. બંને વીજળીઓ મળી જાય એવી રીતે બે તારો (wires) ને એકઠા લાવવાથી વિધુદ્ગતિ (electric current) પેદા થાયછે. આ ગતિથી ઇંદ્રિયો ઉપર અસર કરી શકાયછે, જેવી કે—ક્ષેાભ લથડવી, ખેંચતાણ, અને વખતે મૃત્યુ પણ થાયછે. ચુંબકની સેાઇની આડી-

ગતિ, તણખા, વીજળીના દીવા, વગેરે ભૌતિકઅસરો થાયછે; અને પાણીનું પૃથક્કરણ એ રસાયણી અસર પણ થાયછે.

૫–ચુંબક.

ગજવેલનો એક કકડો લોઢાને આકર્ષે એવો હોય છે તેને ચુંબક (magnet) કહેછે. તેની આ શક્તિને ચુંબક શક્તિ (magnetism) કહેછે. ગજવેલની સોઈને ચુંબક ઉપર ઘસવામાં આવે છે તો તેમાંથી ચુંબક શક્તિ (magnetic force) ઉત્પન્ન થાયછે. વીજળી જેમ બે પ્રકારની છે તેમ ચુંબક શક્તિ પણ બે પ્રકારની છે. એક જાતની ચુંબક શક્તિ હોયછે, તો તેના બીજા છેડામાં બીજી જાતની ચુંબક શક્તિ આવેછે. એકજ પ્રકારની શક્તિવાળા છેડાઓ એક બીજાને દૂર ફેંકે છે (repel) અને સ્હામ સ્હામી શક્તિવાળા છેડાઓ એક બીજાને આકર્ષણ કરેછે (attract). વીજળીમાં આ

નિયમ છે તેવોજ આમાં પણ છે, એટલે કે સમાન છેડાઓ પ્રતિસારણ કરેછે, તથા વિષમ છેડાઓ આકર્ષણ કરેછે). એક ધરી ઉપર ચુંબકની સોઇને ગોઠવવામાં આવેછે તેને ખલાસીઓનું વ્હાણયંત્ર (compass) કહેછે. એ સોઇનો એક છેડો હમેશાં ઉત્તર તરફજ રહેછે. હાલના સમયમાં લોઢું કે ગજવેલમાં ચુંબક શક્તિ વાજળીની ગતિઓથી લાવવામાં આવેછે.

૬–વજન, ગુરૂત્વાકર્ષણ.

ખાલી જગોમાં સઘળા પદાર્થો એક સરખી ઝડપથી પડેછે. જે ઝડપથી બે પદાર્થો પડે, તે એકજ સરખી ઉંચાઇએથી પડે છતાં જો તેની ઝડપોમાં તફાવત પડતો દેખાય, તો હવાની અટકાયતથી તેમ થાયછે, એમ માનવું. જો હવા ન હોય તો તફાવત પડશે નહિ. પદાર્થ જેમ વધારે લાંબો પડે તેમ તેનો વેગ વધારે મ્હોટો હોયછે. પદાર્થ જેવો પડી ચૂકયો કે તેજ ક્ષણેથી એક સેકંડમાં તેનો વેગ

દરસેકંડે આશરે ૩૨ ફુટનો (ખરેખરી રીતે તો ૩૨-૨) હોયછે, બે સેકંડમાં તેનો વેગ ૩૨×૨, અને ત્રણ સેકંડે ૩૨×૩, તથા દસ સેકંડે ૩૨×૧૦ ફૂટ દરસેંકડે હોય છે. એક સેકંડમાં એક પદાર્થ ૧૬ ફૂટ પડે છે, બે સેકંડમાં ૧૬×૨×૨, ત્રણ સેકંડમાં ૧૬×૩×૩,અને ૧૦ સેકંડમાં ૧૬×૧૦×૧૦ ફૂટ પડેછે. પદાર્થ જે સીધી લીટીમાં પડેછે તેને ઊભી (vertical) કહે છે. ગુરુત્વ મધ્યબિંદુની લીટી (plumb line) ઉભી હોયછે. શરીર પડી ન જાય એવી રીતે તેને ધારી રાખવાને માટે જે દબાણ જોઇયે, તે શરીરનું વજન છે.

સરખા કદના પાણીની સાથે સરખાવેલા શરીરના કદનું વજન, તે શરીરની સ્થૂલતા (density) છે. એથી કરીને સરખા કદના પાણીના વજન વડે ભાગવામાં આવેલા શરીરનું વજન તે સ્થૂલતા છે. ત્યારે પાણીની સ્થૂલતા ૧ લેવામાં આવી છે. સરખા કદના પાણીના વજનથી પારાના કદનું વજ ૧૩.૫ ગણું છે, સરખા કદના પાણીના વજનથી ૭·૮ ગણું વજન લોઢાના કદનું છે. એથી પારાની સ્થૂલતા ૩૧

૦૫ અને લેાઢાની સ્થૂલતા ૭.૮ હેાય છે. સરખા કદના પાણીના વજનથી ૦.૭ ગણું વજન સલ્ફ્યુરિક ઇથિરના કદનું છે તેથી સલ્ફ્યુરિક ઇથરની સ્થૂલતા ૦.૭ ની હેાય છે. પદાર્થનું વજન નક્કી કરવા માટે ત્રાજવાં કે કાંટા વપરાય છે. સ્થૂલતા નક્કી કરવી હેાય તેા પદાર્થને તેાળવેા અને એટલા જ કદના પાણીનું વજન કાઢવું. પછી એકને બીજાએ ભાગવું. સરખા કદના પાણીનું વજન, તે પાણીમાં ડૂબતા પદાર્થનેા કેટલેા ભાર એ પાણી ઝીલેછે તે ઉપરથી, નીકળી શકેછે. પદાર્થની ગરમીનું પ્રમાણ જેમ વધે છે તેમ તેની સ્થૂલતા ઘટતી જાયછે, કેમકે ગરમીથી પદાર્થ ફૂલેછે.

વાસણના તળામાં પ્રવાહી પદાર્થનું જે દબાણ થાયછે તેનેા આધાર એ પ્રવાહી પદાર્થની સ્થૂલતા તથા તળા ઉપરની સપાટીની ઉંચાઈ ઉપર હેાયછે. પ્રવાહી પદાર્થથી ભરેલ વાસણનેા આકાર ગમે એવેા હેાય, તેાપણ તળાથી મથાળા સુધીનેા તેનેા વ્યાસ (diameter) એનેા એજ હેાયછે, અથવા તેા

તે ગળણીની પેઠે તળેથી પહોળો હોયછે, પરંતુ તળા ઉપરનું દબાણ ફેરફાર વગર એમનું એમજ રહેવાનું જેની પીઠનું માપ ૭ ચોરસ ઇંચનું હોય એવા માછલી ૧૦૦ ઇંચની ઉંડાઇમાં તરતી હોય, તો ૭૦૦ ઘન ઇંચ પાણીના વજન જેટલાજ કુલ દબાણને મદદ કરેછે. આટલા બધા દબાણથી તે માછલી મરી જતી નથી તેનું કારણ એ છે કે એકજ વખ્તે તેને દબાણ એક સરખુ સઘળી બાજુએથી થાયછે, અને તેનું શરીર જે પાર્થિવ તથા પ્રવાહી પદાર્થોનું બનેલું હોયછે તે દબાય નહિ તેવું હોયછે.

જેવી રીતે પાણીનું દબાણ માછલી ઉપર થાય છે તેવીજ રીતે આપણા શરીર ઉપર દરેક ભાગ ઉપર હવા દબાણ કરેછે. હવાનું દબાણ પાણીના રાશિ (column) ને ૩૩ ફૂટ ઊંચો રાખે છે. વાતાવરણનું દબાણ માપવામાં વધારે સગવડ ખાતર પાણી કરતાં પારો વાપરવામાં આવે છે, કેમકે પાણી કરતાં પારો ૧૩.૫ ગણો વધારે સ્થૂલ છે. વાતાવરણના દબાણથી પારાના રાશિની ઊંચાઈ, પાણીના

રાશિને ૧૩-૫ થી ભાગતાં આવે છે, એટલે કે ૩૦ ઇંચ આવે છે. દરિયાની સપાટીએ વાયુ ગુરુત્વમાપક યંત્ર (barometer) ની સરાસરી ઊંચાઈ આ પ્રમાણેની છે. જો એ યંત્રને પર્વત ઉપર લેઈ જવામાં આવે તો, અથવા બલુનદ્વારા ઊંચું લેઇ જવામાં આવે તો, તેના સ્તંભની ઊંચાઇ ઘટી જાય છે. પિચકારી તથા નળી વગેરેમાં પ્રવાહી ઊંચું ચઢે છે તે કારણ વાતાવરણનું દબાણ છે.

એક બીજા સાથે સંબંધ જોડવામાં આવેલ હોય એવાં વાસણોમાં સઘળાંમાં પાણીની સપાટી એકજ સરખી ઊંચાઈએ રૂહે છે. ઊંચી જગોમાં કૂંડી બાંધીને તેમાં પાણી ભરવામાં આવે, અને પછી એ કુંડીમાં નળ મૂકીને તે નળને નીચે ઉતારીને પાછો ઊંચો લેવામાં આવે તો તે ઊંચે જતા નળમાં તે પાણી ચઢવા માંડે છે, અને તે કૂંડી તેટલી ઊંચાઇએ ચઢીને પછી અટકે છે; આનું કારણ પાણીની સપાટી સરખી રૂહેવાનો જ નિયમ છે.

૨.

જે પદાર્થોનું પૃથક્કરણ (decomposition) થઈ શકતુ નથી તે પદાર્થો સાદા પદાર્થો (simple body) કે તત્ત્વો (elements) કહેવાય છે. આવા કેટલાક સાદા પદાર્થો એકઠા મળીને એક પદાર્થ બનેલો હોયછે એવા પદાર્થાને મિશ્ર પદાર્થ (com- pound) કહેછે. આજ સૂધીમાં એવા સાદા પદાર્થો આશરે ૭૦ માલમ પડેલા છે. સઘળી ધાતુઓ તત્ત્વ કહેવાય છે. ઘણાખરા સાદા પદાર્થો સાધારણ ગરમીથી જ પાર્થિવરૂપના હોય છે; જેમકે સોનું, રૂપું, લોઢું, તાંબું, જસત, સીસું, કલઈ, ગંધક ફોસ્ફોરસ અને સોમલ. પ્રવાહી તત્ત્વો બે છે, તેમાં એક પારો છે. પાંચ વાયવી તત્ત્વો છે; ઓક્સીજન, હાઇડ્રોજન નાઇટ્રોજન, ક્લોરાઇન, અને ફ્લુઓરાઇન.

મિશ્રણો (mixtures) અને સંયોગો (com- binations) વચ્ચે એક ખાસ તફાવત છે. મિશ્રણોમાં મળેલા પદાર્થોનો સ્વભાવ બદલાતો નથી અને એ

મિશ્રણો ગમે તે પ્રમાણમાં બની શકે છે. મિશ્રણ બનવાની ક્રિયા ચોખ્ખી રીતે ભૌતિક (physical) છે. રસાયણી સંયોગોમાં એકઠા થયેલા પદાર્થોનો સ્વભાવ છેક બદલાઇ જાય છે, અને એ પદાર્થોનો સંયોગ સામાન્ય અને નક્કી કરેલા પ્રમાણમાંજ થાય છે. હવા મિશ્રણ છે અને પાણી સંયોગ છે.

૧–પાણીની બનાવટ.

હાઇડ્રોજન અને ઓકિસજન એ બે જાતની હવાઓનો સંયોગ પાણી છે. વીજળીની ગતિથી પાણીનું પૃથક્કરણ સ્હેલાઇથી થઇ શકેછે. આ પૃથક્કરણની અંદર ઓકિસજનનું એક અને હાઇડ્રોજનનાં બે કદ (volume) હોય છે.

હાઇડ્રોજન એ ઉભરો આવે એવી હવા છે. સામાન્ય હવા તથા હાઇડ્રોજનનું મિશ્રણ કરીને તેને અગ્નિ ઉપર મૂકિયે તો તુરત એક ધડાકો થાય છે અને પાણી બની જાય છે. કોયલાની ખાણોમાં કેવળ હાઇડ્રોજનની બનેલી આગવાળી હવા કોયલામાંથી નીકળ્યા કરેછે, તેથી ત્યાં આ પ્રમાણે બને છે.

કોયલો બળવાથી જે હવા નીકળે છે તે હવા હાઇડ્રોજનની બીજી સંબંધી હવા છે. એ હવા પણ સાધારણ હવામાં મળીને ગરમ થાય છે તોપણ એજ રીતનો ભયંકર ધડાકો (explosion) થાયછે. વાતાવરણની સાધારણ હવા કરતાં હાઇડ્રોજન ૧૪ ગણી વધારે હલકી હવા છે. તેનો ઉપયોગ હવામાં ઉડવા (aerostatic) ના કામમાં થાય છે; પરંતુ એ હવા બનાવવામાં બહુ વધારે ખર્ચ થાયછે તેથી વિમાનોમાં ઉડવાના કામમાં એ હવાને બદલે સાધારણ કોયલાની હવા (coal-gas) નો ઉપયોગ વિશેષે કરીને થાય છે. એ કોયલાની હવા સાધારણ હવા કરતાં પાંચ ગણી હલકી છે.

ઓકિસજન દહન ક્રિયા (combustion) ને ચાલૂ રાખે છે, અથવા બીજા શબ્દોમાં કહીયે તો આગ અને દીવા ઓકિસજનથીજ બળે છે. આપણી જીવન-શક્તિ, તેમજ સઘળાં પ્રાણીઓ તથા વનસ્પતિની જીવનગતિ ઓકિસજનજ જાળવી રાખે છે.

સાધારણ હવા ઓકિસજન અને નાઇટ્રોજનના

મિશ્રણથી બનેછે, એટલે કે એક પંચમાંશ ઓકિસજન અને ચાર પંચમાંશ નાઇટ્રોજનની તે બને છે. એ સાધારણ હવામાંથી ફોસ્ફોરસ વડે ઓકિસજનનું શોષણ કરવાથી નાઇટ્રોજન મળી શકે છે. શુદ્ધ નાઇટ્રોજન દહન ક્રિયાને રાખી શકે નહિ, પણ તેથી વળી જીંદગી પણ જતી રૂહે છે.

હાઇડ્રૃજન તથા ઓકિસજનની સાથે વિષમ પ્રમાણથી સંયેાગ પામેલ કાર્બન ઘણું કરીને સઘળી વનસ્પતિઓમાં માલમ પડે છે. વળી સર્વ પ્રાણીઓના ચરબી તેમજ વનસ્પતિનાં તેલેામાં પણ કાર્બન ઓકિસજન તથા હાઇડ્રૃાજનની સાથે મળેલેા માલમ પડે છે. માંસમાં તથા મગજમાં વળી કાર્બન નાઇટ્રોજન ભેળેા પણ હેાય છે. સાંકડી નસેાની અંદર હાડકાંઓની રાખ (calcination) થી થયેલ કાર્બન, એજ પ્રાણીનેા કાળેા રંગ છે. પ્રાણીઓનાં શરીરેા જુદા જુદા પ્રમાણમાં માત્ર ચાર સાદા પદાર્થો

કાર્બન, હાઇડ્રોજન, ઓક્સિજન, અને નાઇટ્રોજન—નાં છેક બનેલાં હોય છે, જ્યારે કોયલામાંથી હવાને જુદી પાડવામાં આવે છે, ત્યારે બાકીમાં જે બળેલો કોયલો (coke) રહે છે, તે કાર્બનનું એક રૂપ છે. કાળું સીસું (graphite) તથા હીરો (diamond) પણ કાર્બનનાં રૂપો છે. લાકડાં બળેલો કોયલો (charcoal) કોયલો (ખાણમાંનો) અથવા બળેલો કોયલો (coke) એ જ્યારે ધીરે ધીરે બળવા માંડે છે, ત્યારે તે ઓક્સિજનની સાથે મળવા માંડે છે, અને કાર્બોનિક ઓક્સાઇડ (carbonic oxide) નામની હવા બને છે. કાર્બોનિક મોનોક્સાઇડ (carbonic monoxide) નામની હવા જો ફેફસામાં જાય છે તો તે બહુ ભયંકર ઝેર છે. આ હવાનો હજારમો ભાગ પણ જો સાદી હવામાં મળેલો હોય તો તેથી મરણ એકદમ થઈ જાય છે. રાંધવાના ચૂલાઓમાં કે શગડીઓમાં કોયલા બાળવા

માં આવેલ હોય તો તેમાંથી કાર્બન મોનોકસાઇડ-મળી શકે છે. એટલા માટેજ રાંધણિયાંઓમાં ધૂમાડિયાંનાં ભૂંગળાં રાખવાની જરૂર છે, અને જે ઓરડામાં કોયલા બાળવામાં આવેલા હોય એવા ઓરડામાં સૂવું તો નહિજ જોઇયે.

કોયલા કે લાકડાંનો કોયલો, અથવા હરકોઈ બળતો પદાર્થ ઝડપથી બળવા માંડે છે, ત્યારે તે હવામાંના ઓકિસનજનની સાથે મળેછે, અને એથી જે હવા બનેછે તેને કાર્બન ડાયોકસાઇડ (carbon-dioxide) કહેછે, અને કાર્બન મોનોકસાઇડ કરતાં તેમાં ઓકિસજન બમણો હોય છે. કાર્બન મોનોકસાઈડ કરતાં કાર્બન ડાયોકસાઈડ ભયંકર થોડો છે; તોપણ તેથી ભયંકર રોગ અને વખતે મરણ પણ થાય છે પોતાના શ્વાસોશ્વાસમાં માણસો ઓકિસજન લેછે અને કાર્બન ડાયોકસાઇડ બહાર કાઢી નાંખે છે, જવના તથા બીજા દારૂઓના ઉભરામાં પણ કાર્બન ડાયોકસાઈડ હોય છે. આવા ઉભરાઓ

ભયંકર થઈ પડે એવા, જ્યારે સાધારણ હવામાં વધારે હોય છે, ત્યારે તે હવામાં કાર્બન ડાયોક્સાઈડ વધારે હોય છે.

અમુક ડાયોક્સાઈડ અને ચૂના (lime) નો સંયોગ થવાથી લાઇમ કાર્બોનેટ (carbonate of lime) બને છે. માત્ર ચૂનાના પાણીમાં આપણો શ્વાસ મૂકવાથી તે લાઇમ કાર્બોનેટ બને છે. કેલ્સ્યમનું ઓક્સાઈડ (calcium oxide) તે ચૂનો છે, એટલે કે કેલ્સ્યમની સાથે ઓક્સિજનનો સંયોગ તે તે ચૂનો છે. એ રીતે સઘળા ધાતુઓમાં ઓક્સિજનનો સંયોગ થઈ શકે છે, અને તેમ થાય તેને ઓક્સાઈડ કહે છે.

ભેજવાળી હવામાં લોઢાને કાટ ચઢે છે. હવામાંના ઓકિસજનની સાથે લોઢાનો સંયોગ થવાથી કાટ બને છે, તેથી તે કાટ લોઢાનું ઓક્સાઈડ (ferrum

oxide) કહેવાય છે. ભેજવાળી હવામાં ત્રાંબું રાખવાથી એ ત્રાંબા ઉપર જંગાલ (verdigris) નામનો કાટ લીલા રંગનો બને છે, તેને ત્રાંબાનો ઓક્સાઇડ (oxide of copper) કહે છે.

સોનું તથા રૂપું, એ બેમાંથી માત્ર તેમને હવામાં ખુલ્લાં મૂકવાથી જ ઓક્સાઇડ બનતાં નથી, તેથી તેઓ પૃથ્વીમાં શુદ્ધ રૂપમાં માલમ પડે છે, અથવા મૂળ સ્થિતિમાં માલમ પડે છે.

લોઢું, જસત, કલાઈ, સીસું, એ હમેશાં ઓક્સિજન સાથે અથવા ગંધક સાથે મળે છે.

૩.

૧—ગતિ.

ઇંદ્રિય જ્ઞાનમાં ત્રણ અત્યંત કઠણ વિષયો છે, છે. તેઓ ગતિ (motion) પોષણ (nutrition),

અને જ્ઞાન (sensation) છે. દરેક જાતની ગતિમાં ત્રણ મુખ્ય ભાગો આવે છે; હાડકાંઓ (bones), સાંધા (joints), અને સ્નાયુઓ (muscles). શરીરનું હાડપિંજર ત્રણ પ્રકારનાં હાડકાંઓનું બનેલું છે. પાંસળીઓ સહિત બરડાનો સ્તંભ (spinal column), પાંસળીનાં કોમલા-સ્થિઓ તથા છાતીની ઢાલ (sternum), તથા મગજની ખોપરી તથા તેના અવયવોનાં હાડકાંઓ.

હાડકાંઓ સંપૂર્ણ રીતે કે તેનો કંઈક ભાગ સેંદ્રિય (organic) કે પ્રાણિજ પદાર્થનો બનેલો હોય છે. એ પદાર્થ બાળકપણમાં કોમલસ્થિ (artilage) કહેવાય છે, અને મોટી ઉમરે તે પથ્થર જેવા ખનિજ પદાર્થ બની જાય છે. એ પદાર્થ લાઇમ કાર્બોનેટ (carbonate of lime) અને લાઇમ ફોસ્ફેટ (phosphate of lime) નો બનેલો હોય છે, અને હાડકાંઓમાં ઘણો ભાગ આ બે

પદાર્થોનો હોય છે, તોપણુ તેમાં હજી પણુ કઈંક ભાગ સેંદ્રિયનો પણુ રૂહે છે ખરો. હાડકાંની અંદરના ભાગમાં નરમ ચરબી જેવો પદાર્થ હોય છે, તેને મજ્જા (marrow,) કહે છે.

બરડાનો સ્તંભ એક જાતના કઠણુ પદાર્થની બનેલી કરોડો (virtebra) નો બનેલો છે, અને એ કરોડોની પાછળ હાડકાંની વીટી જેવું હોય છે. આ વીટીઓ એક ઉપર બીજી, એમ એવી રીતે ગોઠવેલી હોય છે કે તેનાં છિદ્રો એક ઉપર બીજું એમ આવીને બરડાની નળી (spinal canal) કહે

અને તેનો સંબંધ માથાની ખોપરી સાથે હોય છે. પીઠની કરોડો (dorsal virtibrae) નો સંબંધ પાંસળીઓ સાથે હોય છે, અને એ પાંસળીઓ આગળથી કોમલાસ્થિઓ તથા છાતીની ઢાલ (sternum) થી જોડાયેલ હોય છે. આથી કરીને એક જાતનું પાંજરૂં બની રૂહે છે તેને છાતીનું પોલાણુ (thorax)

કહે છે. બરડાની કરોડના નીચેના ભાગમાં નીચે નીચેથી ન્હાની ન્હાની થતી જતી પાંચ કરોડો છે, તેઓ એક બીજી સાથે જોડાઈ જઈને એક હાડકા જેવું થઈ જાય છે. એ હાડકાને ગુદાસ્થિ (sacrum) કહે છે. તે કમરના હાડકા સાથે તથા નીચેના અવયવોનાં હાડકાંઓની સાથે જોડાયેલ હોયછે.

બરડાના સ્તંભની ઉપરના ભાગમાં ખોપરી (skull) આવેલ છે. એ ખોપરીમાં આંખના ગોખલાઓ (cavities), નાકનાં છિદ્રો તથા પોલાણ અને તેની નીચે દાંતો જડાયલા એવાં બે જડબાં હોય છે. ઉપરનું જડબું ખોપરી સાથે જોડાયલું તથા ચોંટેલું છે, અને નીચેનું જડબું ઉપર નીચે તથા બંને બાજુ એ હાલી શકે છે.

હાથોની અંદર ખભા તથા કોણીની વચ્ચે બાજુનું હાડકું (humerus) છે, કોણીથી તે કાંડા સુધીમાં બે હાડકાંઓ (radius અને ulna)

છે, હાથેળીની પીઠ ઉપર હાડકાંના કડકાંઓ (meta-carpus) છે, અને બીજાં હાડકાંઓ આંગળીઓનાં છે. કોણીથી કાંડાં સુધીનાં બે હાડકાંઓ આંગળીઓનાં છે. કોણીથી કાંડાં સુધીનાં બે હાડકાંઓમાંના કૂર્પર (ulna) નામના હાડકાના ઊપરના માથાની કોણી બનેલી છે.

બાહુનું હાડકું ખભાના ગરકા (scapula) સાથે જોડાયલું છે. ખભાનો ગરકો છાતીની બખોલની પાછળના ભાગમાં મૂકાયેલ છે, પણ તેનો સંબંધ બરડા સાથે નથી. એ ખભાના ગરકા સાથે જોડાઇને છાતીની ઢાલ સુધી પહોંચીને તેની સાથે જોડાએલ હાડકું ગળાની હાંસડી (clavicle) નું છે.

પગોની અંદર કમરેથી તે ગોઠવણ સુધીનું એક હાડકુ (femur) છે, તથા ગોઠણ અને ઘૂંટીની વચ્ચે બે હાડકાંઓ (tibia અને fibula) છે. ઘૂંટીનાં હાડકાં (tarsus) ના કડકાંઓ છે, અને

પગના પંઝા ઉપરના કડકાઓ (metatarsus) છે. એ સિવાય આંગળીઓ છે. ગોઠણમાં પણ એક હાડકું (patella) છે. બંને સાથળનાં હાડકાંઓ કમરનાં હાડકાં સાથે જોડાયલાં છે, અને એ કમરનાં હાડકાંઓ ગુદાસ્થિ સાથે જોડાઈને બરડાનો નીચેનો છેડો બનેલો છે.

એ હાડકાંઓ જોડાયછે તથા એક સાથે જોડાઈને બીજું ફરી શકે છે તે ભાગને સાંધા (joints) કે (articulation) કહે છે. આ સાંધાઓને મજબૂત કરવા માટે તેની ઉપર દોરડાંઓ (ligaments) બાંધેલ હોય છે. સાંધામાંથી જો એકાદ હાડકું ખસી જાય છે તો તેને હાડકું ખસી ગયું (dislocation) કહેવાય છે.

સાધારણ રીતે જેને માંસ (flesh) કહેછે તેના સ્નાયુઓ (muscles) બનેલા હોયછે. તેઓ રાતા રેષાઓના બનેલા હોય છે અને છેડા-

ઓએથી તેઓ હાડકાં સાથે ચોંટેલા હોય છે. તેમ-નામાં સંકોચાવાનો ધર્મ હોય છે, એટલે કે છેડેથી રબરની પેઠે લાંબા ટૂંકા થઈ શકે એવા તે હોય છે. આ સ્નાયુના રેષાઓ છેડેથી હાડકાં સાથે લાગેલા હોય છે, તોપણ તેઓ એક બીજા સાથે વણાઈને જાડાં દોરડાં (tendon કે sinew) બનેલ હોય છે. એ દોરડાં મજબૂત અને ધોળા રંગનાં હોઈને હાડકાં ઉપર બંધાયલાં હોય છે. આપણાં હાથ, પગ, માથું, જડબાં, હોટ, ગાલ, આંખો, વગેરેનું હલન-ચલન તેમનાથી થઈ શકે છે. આપણે સીધા ઊભા રહિયે ત્યારે સ્નાયુઓ સંકોચાય છે તેથી શરીર વળતું નથી. જ્યારે આપણે આપણો હાથ ઊંચો કરિયે અથવા આપણું મોઢું ઉઘાડિયે, ત્યારે એક જાતની ગતિ ઇચ્છાવાળી (voluntary move-ment) થાયછે. આવી કેટલીક ગતિઓ ઇચ્છાથી થાય છે, તેમજ વગર ઇચ્છાથી પણ થાય છે, જેમકે

આંખ મટમટાવવી; પણ કેટલીક ગતિઓ ઇચ્છા વગરની (involuntary) હોય છે, જેમકે છાતીના ચડકા અને પેટનું સ્હોવાવું, ઇત્યાદિ.

૨—પોષણ.

પોષણની ક્રિયામાં બે કામ બને છેઃ એક પાચન (digestion) તેથી ખાધેલ ખોરાક પ્રવાહી રૂપ થાય છે તેથી તે આંતરડાંની નળીમાં ચાલી શકે છે અને લોહીમાં મળે છે; અને બીજું લોહીથી થતું તેનું શોષણ (absorption). પાચન નળીની અંદર રહેલા કેટલાક રસો તથા દાંતો વડે પાચનનું કામ પાચન નળીમાં બનેછે. દાંતો તથા જીભ વડે ચાવીને ખાવાનું કામ (mastication) થાય છે.

પુખ્ત વયના માણસને ૩૨ દાંતો હોય છે, તેમાં ૧૬+૧૬ દરેક જડબામાં હોય છે. એમાં પણ ચાર ચાર કાપવાના (incisors), બે બે ચાવવાના

(canine), અને દસ દસ દાઢો (molars) હોય છે. ૭ વર્ષ સુધીના બાળકને ૨૦ જ દાંત હોય છે. તેમને દાઢો બંને જડબામાં દસને બદલે ચાર ચાર હોય છે. માંસની અંદરના પાયાના ભાગ સિવાય બહારનો દાંતનો ભાગ ઓપવાળો હોય છે. તેઓ એક, બે, કે ત્રણ અણીઓ (fangs) થી ચોંટેલા હોય છે, અને તે મૂળોના ખાડાઓ (alveoli) માં જડાયલાં હોયછે. દરેક દાંતમાં એક ખાડો હોય છે તેમાં રસ (pulp) હોય છે; એ રસ નરમ હોય છે અને તેમાં રક્ત શિરાઓ અને જ્ઞાનતંતુઓ પણ હોયછે.

ખોરાક ચાવવાની ક્રિયામાં થુંક (saliva) બહુ મદદ કરે છે. એ એક રસ છે તે એ બાબતની ગાંઠો (salivary glands) માંથી આવે છે. અમુક જાતના રસને ઉત્પન્ન કરીને સાચવનાર અવયવને ગાંઠ (gland) કહેવાય છે. આ પ્રમાણે

આંખમાંની ગાંઠો (lachrymal glands) માં આંસુ (tears) થાય છે, ચામડીમાં થતી ગાંઠો (sudoriparous glands)માં પરસેવો (sweat) થાય છે, વગેરે.

ખોરાક ચાવ્યા પછી ગળે ઉતરે છે ત્યારે છાતીમાં અન્નનળી (œsophagus) નામની નળી વાટે તે નીચે ઊતરે છે, અને ત્યાંથી તે હોજરી (stomach) માં આવે છે હોજરી એક મશકના આકારની હોય છે તેમાંથી ખોરાક ન્હાનાં આંતરડાં (intestine) માં જાય છે, અને ત્યાંથી તે મોટાં આંતરડાંમાં જાય છે.

આ આખા નળી રૂપ માર્ગને અન્નનળી (alimentary canal) કહે છે, તે મોઢેથી તે મોટાં આંતરડાં સૂધી હોય છે. ખોરાક આ નળીમાં ચાલે છે તેમાં માર્ગમાંની ગાંઠોમાંના રસોથી ભીંજાઈને રૂપાંતર પામતો જાય છે. આ રસોમાંનો પહેલો થૂંક (saliva) છે તે લોટમાંથી સાકર બનાવે

છે. હોજરીમાં જઠર રસ (gastric juice) હોય છે તે માંસ અને આલ્બ્યુમેન (albumen) ને ગાળેછે, અને સાધારણ રીતે પ્રાણિજ પદાર્થોને તે ગાળે છે. કચરા સિવાયનો ખોરાકનો ભાગ જે થૂંક તથા જઠરસથી ગળ્યો ન હોય તે નાનાં આંતરડાંમાંની ગાંઠોના રસોથી ગળે છે. આ ગાંઠોમાં મોટામાં મોટી એક ગાંઠ (pancreas) છે. કચરો તો મોટાં આંતરડાંમાં ચાલ્યો જાય છે. ઉદરના પોલાણમાં જમણીમેર મોટી ગાંઠ યકૃત (liver) ની છે તે બહુ અગત્યની છે. તેમાં પિત્ત (bile) બને છે. ફરતું ફરતું લોહી આ ગાંઠમાં આવે છે ત્યારે તેમાં બનેલું પિત્ત એ લોહીમાં કંઇક મળે છે અને તેથી લોહીમાં કંઇ ફેરફાર થાય છે. ખાધેલ ખોરાક પ્રવાહી બનીને આંતરડાંમાંની દિવાલમાં રહેલી પેશીઓમાં પસાર થાય છે અને લોહીની સાથે મળે છે. આ ક્રિયાને શોષણ (absorption) કહે છે.

લોહી એક રંગ વગરનો પ્રવાહી પદાર્થ છે અને તેમાં ઘણા બારીક રક્ત કણો (red corpuscles) અસંખ્ય તરતા હોય છે. એક પોલા સ્નાયુના અવ-

૫૧—હૃદય (heart)—માંથી લોહી આખા શ-રીરમાં ફરવા નીકળે છે. અમુક અંતરે એ હૃદય થડક્યા કરે છે (સંકોચાયા કરે છે). દરેક સંકોચ કે થડકે લોહી આશરે ત્રણ ઔંસ (૭½ તોલા) જેટલું હૃદયમાંથી ધોરી નસ (Arteries) માં જાય છે. ધોરી નસના ભાગો તથા વિભાગો હોય છે. એ બધા છેડેથી જોડાઇને અત્યંત બારીક નળીઓ (capillary vessels) બનેછે. એ નળીઓ પાછી એકઠી મળીને પાછી મોટી મોટી નળીઓ બનતી જાય છે તેને શિરા (veins) કહે છે. આ ધોરી નસો, ઝીણી નળીઓ, તથા મોટી શિરાઓમાં લોહી ફરે છે. એ રીતે હૃદયમાંથી લોહી ધોરી નસો-માં, ત્યાંથી ઝીણી નળીઓમાં, અને ત્યાંથી મોટી નસોમાં જાય છે, અને મોટી નસોમાંથી તે પાછું હૃદયમાં આવે છે. હૃદયના થડકા કરતા સંકોચોના થડકારાથી લોહી આગળ આગળ ધકેલાતું જાય છે અને ફરે છે. લોહીના આ ફરવાને રુધિરાભિસરણ (circulation) કહે છે.

હાથના કાંડા તથા લમણાં ઉપર થડકારા જ-

ણાય છે તેને નાડી (pulse) કહે છે. એ જગો એ નસો ચામડીની પાસે જ હોય છે તેથી હૃદયના ધડકાથી લોહી નસમાં ધકેલાય છે તેના એ ધડકા હોય છે.

ખાધેલા ખોરાકમાંથી કંઇક ભાગ લોહી લઈ લે છે અને તેમાંથી કંઇક ભાગ તે સાચવી રાખી મૂકે છે, અને બાકીનો ભાગ લોહી પોતે લેઈ લે છે, એટલે કે તેમાં નવું લોહી બને છે. આ લોહીમાં મળવાથી તેમાં આશરે ફેરનહીટ ૧૦૦° (સેંટી ગ્રેડ ૪૦° ની ગરમી શરીર આખામાં રહે છે. આ પ્રમાણે ખોરાકને ખાઈ જઈને લોહી ગરમ થાય છે તેથી હવામાંના ઓક્સિજનની જરૂર તેને પડે છે, તે એ શ્વાસ મારફત લેછે અને બદલામાં બળેલ ધૂમાડા રૂપ કાર્બન ડાયોકસાઇડને તે બહાર કાઢી નાંખે છે.

જે હવા આપણે શ્વાસમાં લેઇએ છિયે તે એક નળી (trachea) માં જાય છે, અને ત્યાંથી તે ફેફસામાં જાય છે. અસંખ્ય ન્હાની નળીઓ (bronchiae) વાળાં પોલાં ફેફસાં (lungs) હોય છે.

નીચે એક પટલ (diaphragm) છે એવી છાતી, બહારથી હવા અંદર આવે છે ત્યારે એક મિનિટમાં આશરે ૧૭ વાર ફુલે છે. આ ક્રિયાને શ્વાસ લેવો (inspiration) કહે છે. તુરતજ છાતી ટૂંકી થઈ સંકોચાય છે અને અંદરની હવા બહાર નીકળી જાય છે, એ ક્રિયાને શ્વાસ કાઢવો (expiration) કહે છે.

લોહી ફરે છે તે સઘળું લોહી ફેફસામાંથી અરધા મિનિટમાં પસાર થઈ જાય છે. દરેક શ્વાસમાંથી આવતા ઓક્સિજનને એ લોહી લેઈ લે છે, અને સુક્ષ્મ નળીઓ મારફત આખા શરીરમાં તેને લેઈ જાય છે. માર્ગમાં એ લોહી ઓક્સિજનનો ઘણો ભાગ દેહના કેટલાક ભાગોને આપી દેતું જાય છે. એ રીતે ઓક્સિજન આખા શરીરમાં વપરાઈ જાય છે, પણ માત્ર તે ફેફસામાંજ રહેતી નથી, અને તેથી આખા શરીરમાં ગરમી રહી શકે છે. પ્રાણીના શરીરમાંથી હવા કાઢી લેવામાં આવે તો તે રોધ (asphyxia) થી મરણ પામેછે. ફેફસામાંથી જે હવા બહારની-

ફળી જાય છે તેમાં કાર્બન ડાયોકસાઈડ હોવાથી તે શુદ્ધ હોતી નથી; એટલા માટે આપણા રહેવાના ઘરની બારીઓ આપણે ખુલ્લી રાખવી જોઇયે. એથી બહારની ખુલ્લી હવા અંદર આવે છે અને અંદરની ખરાબ હવા બહાર નીકળી જાય છે.

ઠંડી લોહીવાળાં પ્રાણીઓ શ્વાસમાં ઓક્સિજન લેછે, પણ તેમનામાં ગરમી એટલી તો થોડી પેદા થાય છે કે તેમના શરીરની ગરમીનું પ્રમાણ આસપાસની હવા કરતાં ભાગ્યેજ વધે છે. માછલીઓ પોતાની ફેફસાંની નળીઓ વડે શ્વાસ લેછે, અને હવામાંનો ઓક્સિજન પાણીમાં મળી જઈને તેમના લોહીમાં જાયછે.

